



TITLE:

Multiple-Damage State Retrofit of Steel
Moment-Resisting Frames with Composite
Beam Sections Using Minimal-Disturbance
Arm Damper(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Giuseppe, Antonio Marzano

CITATION:

Giuseppe, Antonio Marzano. Multiple-Damage State Retrofit of Steel Moment-Resisting Frames with Composite Beam Sections Using Minimal-Disturbance Arm Damper. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-07-27

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22704>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-08-01に公開; 許諾条件により要旨は2020-08-01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	Giuseppe Antonio MARZANO
論文題目	Multiple-Damage State Retrofit of Steel Moment-Resisting Frames with Composite Beam Sections Using Minimal-Disturbance Arm Damper (合成梁を有する鋼骨組における低負荷機構を用いた多段階損傷制御型耐震補強)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、既存建物の耐震補強法として倉田らによって近年提案された、建物の使用性を維持して施工時の負荷を抑える低負荷機構を用いて、コンクリート床スラブと梁が一体となった合成梁を有する中低層鋼骨組の耐震補強設計法を提案している。</p> <p>鉄骨造建物の合成梁では、上側が圧縮応力を受ける正曲げ時に下フランジのひずみが増加することで損傷が進行する現象が、過去の地震被害で多数報告されている。論文では、合成梁の端部の状態を弾性域内の状態、塑性化進行過程、破断発生過程の3段階に区分し、各段階で目標とする補強効果を補強機構の設計と対応付けている。提案した補強設計は準静的載荷実験で検証している。さらに、提案した設計法に過去に実施された多数の合成梁の実験結果も加えて、梁端部の脆弱性を表現するすフレンジリティ曲線を構築している。その結果、設計で想定する層間変位における損傷度を、確率的にも評価可能にしている。</p> <p>論文は以下に示す6章で構成される。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と論文全体の構成を述べている。</p> <p>第2章では、既存建物の耐震補強法として提案されている低負荷機構の力学的特徴を、第3章で展開する耐震補強設計の観点から再整理している。</p> <p>第3章は論文の中核をなす章であり、合成梁を有する中低層鋼骨組を低負荷機構で多段階に耐震補強する設計法を展開している。合成梁端部の状態を、弾性域内の状態、塑性化進行過程ならびに破断発生過程の3段階に区分して、各段階で目標とする補強効果と補強機構の設計を対応付けている。</p> <p>弾性域では梁端部が負担する曲げモーメントを低減して、下フランジの損傷の発生を遅らせる設計になっている。次の塑性化進行過程では、梁端部の塑性回転角を層の変形に関連付けて、それを低減する設計を提案している。これらは脆弱箇所の変形に基づく損傷制御として位置付けられ、層の変形を抑えるために低負荷機構が負担する力を決定できる。</p> <p>破断発生過程である第3段階では、低負荷機構により変形を抑えて破断を遅らせることで、結果として層の水平耐力の低下を抑える設計を提案している。目標塑性域内に変形を抑える設計は、すでに提案されている低負荷機構の新たな利用法になっている。第3段階では骨組の水平耐力の維持を目的として、地震による下フランジの損傷の後に、低負荷機構の梁端近くの部品を置き換えることまでも想定している。</p> <p>3段階に区分した梁端の状態を、建物の損傷評価で重要視される層間変形角に結び付ける設計法となっている。さらに被災後に建物の耐震補強策として、低負荷機構で降伏した部品を交換する方策を示しており、ボルトで柱に付けられた曲げ変形抵抗板の交換が有効であることを述べている。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	Giuseppe Antonio MARZANO
<p>設計法は、建物の耐震性能を地震の大きさに応じて制御できることを示しており、建物の性能規定型設計を耐震補強で付加する機構を通じて可能にする知見を提供している。地震によって被災した鋼骨組の再利用で、梁端の破断により低下した層水平耐力を回復するために必要な補強量を示し、損傷を踏まえた耐震補強法も論じている。特に第 3 段階と被災後の補強方法は、従来の低負荷機構の研究で見られない新たな提案になっている。</p> <p>第 4 章では、前章で提案した設計法を 2 試験体の準静的載荷実験により検証している。鋼骨組を模擬した 1 層 2 スパンをもつ試験体を用いて、耐震補強法の提案が妥当であることを確認している。第 1 段階では梁端の正曲げモーメントと変形を 15～20% 低減するように制御し、第 2 段階では層間変形角が 2～3% の時に破壊進行を遅らせることが可能なことも立証している。この低減されたモーメントと変形量は、第 3 章の設計式から導かれる値に良く整合している。さらに、梁端の破断後も低負荷機構が層間変形を抑制し、骨組の水平耐力が維持されていることを確認している。実験から、設計式で陽に考慮していない梁の局部座屈とコンクリート床の亀裂も抑えられていることが確認されている。さらに、地震によって被災した後に低負荷機構の部品を容易に交換できることを確認した。</p> <p>第 5 章では、提案した設計法に基づく力学的考察を、過去に実施された約 60 の合成梁の実験結果と統合して、低負荷機構と合成梁を有する鋼骨組に対して梁端で脆弱性を表すフラジリティ曲線を構築し、設計で想定する層間変形角における損傷度を確率的に評価している。このフラジリティ曲線を用いて多段階損傷制御を補修費用の評価に関連付け、提案手法の具体的な利用法を示した。</p> <p>コンクリート床スラブがある場合には、梁端の降伏回転角が約 70% まで低減されることを示した。提案した設計法をコンクリート床スラブがある鋼骨組に適用することで、コンクリート床スラブがあっても、想定する層間変形角における梁端の降伏確率および破断確率を設計者が意図する閾値以下に収められることを確認した。提案したフラジリティ曲線は、設計条件を設定するための損傷状態を明確に示すことができる。</p> <p>第 6 章は結論であり、本論文で得られた研究成果を要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

鋼骨組は、鋼部材の塑性変形によって大地震時に高い耐震性能を示すことが、過去の地震被害と実大建物の実験から確認されている一方で、特徴的な地震被害として梁端部の塑性変形集中と破断も認められている。梁をコンクリート床スラブと一体化させた合成梁では、床スラブが大きな圧縮力を負担した結果、梁端部の下フランジ付近から破断が進行する現象が多く報告されてきた。筋交や壁を新設する従来からの耐震補強法には、工事が大掛かりとなり、開口部における視界や使用者の通行が妨げられる傾向があり、それを解決する目的で施工や環境への負荷を低減する新しい機構が近年提案されている。

本研究は、倉田らによって近年提案された低負荷機構を用いて、合成梁を有する中低層鋼骨組の耐震補強設計を実施する手法を提案している。骨組の損傷を多段階に制御する方法を新たに提案し、それを実験と解析で検証しており、その際立った成果は以下の3点に整理される。

- (1) 合成梁の端部の状態を、弾性域内の状態、塑性化進行過程、破断発生過程の3段階に区分して、各段階で目標とする補強効果と補強機構の設計を対応付けている。弾性域では梁端部が負担する曲げモーメントを制御し、塑性化進行過程では塑性回転角を低減する。破断発生過程では、破断による層水平耐力の低下を補うように曲げモーメントと変形を制御できること示している。さらに、被災した骨組の補強においては、梁端の破断により低下した層水平耐力を現行の基準まで回復するために必要な補強量を述べ、損傷を踏まえた耐震補強法を論じている。特に破断後および被災後については、従来の低負荷機構の研究で見られない新たな提案になっている。
- (2) 提案された設計法は、2試験体を利用した準静的載荷実験で検証された。最初の2段階では梁端の正曲げモーメントと変形量を15～20%低減するように制御ができ、層間変形角2～3%の時に破壊進行を遅らせる制御が可能なことを立証している。さらに破断後も破断前と同様の骨組の水平耐力が維持されていることも確認した。
- (3) 提案設計法に基づく力学的考察を、過去に実施された約60の合成梁の実験結果と統合して、低負荷機構と合成梁を有する鋼骨組に対して、梁端で脆弱性を表すフラジリティ曲線を構築し、設計で想定する層間変位における損傷度を確率的に評価した。このフラジリティ曲線を用いて多段階損傷制御を補修費用の評価と関連付け、提案手法の具体的な利用法を示した。

以上、近年提案された低負荷機構を用いて、合成梁を有する鋼骨組の損傷を多段階に制御する方法を提案し、それを実験と解析で検討した本論文は、耐震補強による鋼構造建物の損傷制御という命題に対して、実現可能かつ有益な一つの解を提供しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年6月22日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

要旨公開可能日：令和2年8月1日以降